

REMARKS

Claims 5-10 are pending. By this Amendment, no claims are cancelled, amended, or added.

Specification

The related applications section of the specification has been amended to correct the stated filing date of French Application No. 0312992 from May 5, 2003 to November 11, 2003, as evidenced by the certified copy filed May 5, 2006. Further, the same section has been amended to clarify that the current application is a national stage entry of PCT Application No. PCT/FR2004/050442.

Claim Rejections

Claims 5 and 7 stand rejected under 35 U.S.C. § 102(e) as being anticipated by U.S. Patent No. 7,647,809 to Cooney, and claims 6, 8, and 10 stand rejected under § 103(a) as being unpatentable over Cooney in view of U.K Patent Application No. GB 2,107,213A to Patterson. Applicants respectfully traverse the rejections.

Cooney is not a proper reference under 35 U.S.C. § 102(e). 35 U.S.C. § 102(e) states that:

“A person shall be entitled to a patent unless...e) the invention was described in...2) a patent granted on an application for patent by another **filed in the United States before the invention by the applicant for patent ...**”
(Emphasis added).

The § 102(e) date for Cooney is its U.S. effective filing date, or March 13, 2004. *See* MPEP § 706.02(f)(1)(II), Ex. 1. The “invention date” of the present application is presumed to be the earliest filing date which is the filing date of French Application No. 03 12992, filed November 5, 2003, a certified copy of which was submitted in the present application on May 5, 2006, and a copy of which is enclosed herewith for the Examiner’s convenience. Furthermore, pursuant to 37 C.F.R. § 1.55(a)(4), “to overcome the date of a reference relied upon by the examiner,” an English language translation of the non-English language foreign application together with a statement that the translation of the certified copy is accurate is being filed herewith. Applicants herein reserve the right to submit evidence of an earlier invention date as necessary.

The § 102(e) date of Cooney is *after* the “invention date” of the present application, and therefore is not prior art under § 102(e) rendering the rejections moot. Claims 5-10 are allowable for at least these reasons. Applicants respectfully request withdrawal of the rejections.

In view of the foregoing, it is submitted that this application is in condition for allowance. Favorable consideration and prompt allowance of the application are respectfully requested.

The Examiner is invited to telephone the undersigned if the Examiner believes it would be useful to advance prosecution.

Respectfully submitted,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'D. Burgess', written over a horizontal line.

Daidre L. Burgess
Registration No. 60,389

Customer No. 24113
Patterson Thuent Christensen Pedersen, P.A.
4800 IDS Center
80 South 8th Street
Minneapolis, Minnesota 55402-2100
Telephone: 612.252.1558



TRANSPERFECT

ALBANY
AMSTERDAM
ATLANTA
AUSTIN
BARCELONA
BERLIN
BOSTON
BRUSSELS
CHARLOTTE
CHICAGO
DALLAS
DENVER

DUBAI
DUBLIN
FRANKFURT
GENEVA
HONG KONG
HOUSTON
IRVINE
LONDON
LOS ANGELES
MIAMI
MILAN
MINNEAPOLIS

MONTREAL
MUNICH
NEW YORK
PARIS
PHILADELPHIA
PHOENIX
PORTLAND
PRAGUE
RESEARCH
TRIANGLE PARK
SAN DIEGO
SAN FRANCISCO
SAN JOSE
SEATTLE
SINGAPORE
STOCKHOLM
STUTTGART
SYDNEY
TOKYO
TORONTO
VANCOUVER
WASHINGTON, DC
ZURICH

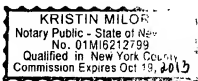
City of New York, State of New York, County of New York

I, Mike Petrigliano, hereby certify that the document "3338.92WOUS" is, to the best of my knowledge and belief, a true and accurate translation from French to English.

Mike Petrigliano

Sworn to before me this
July 9, 2010

Signature, Notary Public



Stamp, Notary Public

EVALUATION METHOD FOR MONITORING THE EFFECTS OF AN IMPACT ON A STRUCTURAL COMPOSITE MATERIAL PART

The present invention pertains to detecting impacts on structural parts made from composite material.

Composite materials, which are made up of mineral, organic, synthetic, or natural fibers or filaments held together in an organic polymer matrix, have excellent static and dynamic mechanical properties (resistance to wear) in a low density.

Structural parts generally requiring both optimal mechanical properties and low mass are those with the best possible bond of these materials, and must be built with precision.

Composite materials are generally fragile. They can be particularly sensitive to shocks (or impacts), which can produce delamination and loss of material integrity due to the fact that they contain layering of different materials and can have poor elasticity, with breakage occurring 1% of the time.

Their use in industrial environments therefore requires special precautions, or over-sizing, which can cause them to lose part of their interest.

The object of this invention is to enable a lasting means by which to passively monitor the composite materials throughout their entire life, from their manufacture to their retirement from use, so as to assure continuous integrity and functionality.

More precisely, this invention concerns the detection of impacts that result from “low impact” shocks. These are the small shocks of everyday life, such as those generated by a falling instrument: their speed being measured in m/s and their force being measured at approximately ten joules.

At the time of the “low impact” shocks, the mechanisms at work function like a classic mechanical application: the material undergoes a compression that transforms it into a triaxial stress state. Depending upon the level of this stress state, there may be a break or simple (reversible) material damage.

It should also be noted that the stress from the shocks add to the stress already in the material, which can be dependent upon the geometry of the item concerned and the manner by which the stress comes about, so that a similar shock may not induce the same material deterioration. In any case, shocks would react differently according to the shape of the object generating the impact.

The detection of this type of shock commonly occurs using the composite materials.

One may examine composite material parts in general, notably parts intended for use on airplanes, using a procedure called BVID (Barely Visible Impact Damage), on a fixed depth threshold of 0.3mm for marks stemming from a detectable shock when the surface is otherwise uniform, beyond which the part is considered defective.

Of course, this approach can be limited in that one cannot consider all of the characteristics of composite materials, as a reduction must be made for the BVID, leading to the manufacture of parts with a safety measure.

The present invention is not concerned with this type of part, but more precisely on the mechanical/mass of structural composite material parts, that is, on the most precisely sized parts with a reduced safety margin.

This can be the case, for example, in the domain of thrusters for pressure tanks made from composite materials, used either to pressurize engines, to contain erbium or similar gas or liquid storage, or as a wrap for powder propellers.

These tanks generally contain an "internal skin," more commonly called a liner, on which a pre-engaged resin fiber can be wound.

The fibers are carbon, glass, or Kevlar, and the resin can be epoxide, polyester, or some other material.

The liner serves mainly to make the tank impermeable. It can have other functions as well, such as serving as a heat insulator for a powder propeller wrap.

Because they are used in space, these tanks are optimally developed, partially without margin. The burst pressure is only 1.5 times the service pressure, and any deterioration of the composite material can have catastrophic consequences. Therefore, it is understandably very important to be able to guarantee that these tanks are structurally perfect and, in particular, that they have not undergone any non-detectable shocks.

It is not currently possible to provide a guarantee that such tanks have not previously undergone any very strong impacts.

In fact, while there is a second approach for detection of shocks, including “low-impact” shocks, these methods are either inadequate or insufficient.

In fact, known methods for shock detection fall into two categories: analysis of material by mass and analysis of material on the surface.

The first of these is certainly interesting, but it uses complex techniques, such as sound emission or fiber optics, which are still under research, and they require a means for manipulating the complex and voluminous signal, a test that cannot easily be performed throughout the life of a given part.

The second method involves coatings that must be analyzed, notably by visual examination.

The principle behind these methods for visual examination is known to those skilled in the art. The principle is described, for example, in GB 2 194 062 and FR 2 663 122.

According to this principle, microcapsules within a product break apart when subjected to a certain level of pressure. These products are preferably fluorescents – such as dye penetrants – and inspecting these parts for evidence of shock generally can be done with an ultraviolet light.

The complicated nature of researching defects, owing to the fact that these products are solid and stable within a large range of temperature and hygrometry before and after detection, explains why these methods are not used.

Another essential point to note is that the concept of detection accomplishes only qualitative shock detection and not any quantitative shock detection whatsoever.

In fact, such detection provides only an indication that pressure of a certain value has been applied to the surface of the examined material with no indication of the magnitude of possible structural problems caused within the underlying layers of the impacted zone.

This invention provides a method using visual examination for detection, enabling a relationship between what is observed and the quantitative method for shocks. That is, it correlates the force of the shocks and the damage evident on the impacted material.

To this effect, the invention includes an evaluation method for monitoring the consequences of an impact on a structural composite material part, notably the impact at low speed and little force. The part can be covered with a film that changes color when under pressure and whose color intensity can be directly related to the force of the received shock, as characterized in that, before the application of the film on the part:

- the film is calibrated by testing the impact on test parts that are identical to the said part, or on test tubes representative of this, covered in said film, in order to establish a link between the force of the shock and the change in the film,
- the impacted areas of the test parts or test tubes are evaluated by means of an appropriate qualification method using x-ray, ultrasound, or another method, in order to correlate the aforementioned changes in the film as well as the nature and extent of the possible structural disturbance of subjacent layers of the impacted area,
- and a scale of correspondences is established, allowing for qualification against a limiting threshold for acceptance of the evaluated part.

A structural composite material part thus covered in said film can be monitored over the life of the part, from its manufacture to its use or its retirement from use, through

a simple visual examination at any moment in time. If during such a test, the part reveals an impact that corresponds to a position on the aforementioned scale of correspondences at a level equal to or higher than the defined threshold, the part will be taken out of service due to internal damage rendering it unable to function.

Useable film pursuant to the invention can be comprised of a flexible complex with a matrix containing drowned microcapsules or similar that break up under stress, releasing their contents which have different optical properties depending on whether they are encapsulated or released within the matrix. The shells of the microcapsules can be sensitive to constraints of different intensities. The matrix can be mainly a resin, the final product being either a picture or a film to adhere to the said part.

A highly recommended product implementing the method in this invention is a film marketed under the commercial name PRESSUREX® by Sensor Products, Inc. of East Hannover, NJ in the United States of America.

This film comprises a sandwich formed of two thin polyester films between which are a layer of microcapsules and an indicator layer for color. These microcapsules are susceptible to bursting under the effect of measured pressure, thereby coloring the subjacent indicator layer, whose intensity of color can be directly related to the amount of pressure (expressed in joules) that was applied to the film.

Other types of shock indicator film may be used, of course, provided that they adhere to the same principle, incorporating microspheres, microtubes, and similar, susceptible to bursting under pressure and consequently changing color.

Referring to Figs. 1-3, pursuant to the invention, impact tests are used to calibrate film. To that effect, impact tests at various force levels are performed, ideally on sample parts that are identical to the subject part but more generally on test tubes representing the part, to establish a correspondence scale of these various force levels based upon the visual result of each test, namely a gradation of color intensity, since this can be the result of the amount of force applied at the time of the shock.

Fig. 1 illustrates a “high”-impact mark produced on a PRESSUREX® film and resulting from a pressure of 500-1300 bars, placed on a test tube with 100mm X 150mm surface area and 2mm thickness, comprising a certain number of folds in the composite material wrapping. The said test tube has been impacted by a spherical-headed object, in accordance with the AITM standard 1.0010 Edition 2 of June 1994.

The impact mark depicted in Fig. 1, which is 13mm in diameter, is the result of a force of 6.8 joules.

Through this process, a full range of impact prints will be developed, corresponding to a given range of impact force. The prints will be distinguishable from one another by one level of color intensity whose gradation can be noticeable by the density and extent of the colored elements of Fig. 1.

Then, for each test tube, the impacted area will be evaluated (that is, examined using the appropriate method, such as x-ray or ultrasound) in order to identify possible disturbances in layers subjacent to the mark, as revealed by a change in the distribution of constraints in the mass of the test tube and resulting in the reorientation of some layers, even interlaminary shearing, creating delamination of layers and making the composite material unfit for use.

Fig. 1 depicts an image of an impact of 6.8 joules, which proved to generate a disturbance to an intolerable extent. As a result, the mark in the figure can be treated as a threshold triggering the removal or taking out of service of any part fit with a film that can be identical to that in Fig. 1 and that, upon visual inspection, bears a mark of the same color intensity as that shown in Fig. 1.

Referring to Fig. 2, if the inspected part contains a mark like that in Fig. 2, which is less dense in color than the mark in Fig. 1, this will signal an impact with less force (1 joule) than that of the impact in Fig. 1, and it would not trigger the part as unusable. Referring to Fig. 3, if, on the contrary, the visual test shows a mark like that in Fig. 3, with a density that is more intense in color than that in Fig. 1 (corresponding to an impact with a force of 12 joules), the part will be rejected or replaced, a fortiori.

PRESSUREX® films are available commercially as a line of products with various “sensitivities” to pressure. For example, “Low” film can be usable for 25-100 bars, “Medium” can be usable for 100-500 bars, and “High” can be usable for 500-1300 bars.

Film can be selected according to the kind of parts involved (that is, so that the force of impact not causing crippling damage would fall within the range of pressure “sensitivity” for the film).

Because calibration tests conducted on full-scale parts or on pieces of such parts generally prove to be expensive, it may be preferable to perform calibration tests on test tubes of a reduced size, representative of the part being tested, such as by modeling test pieces to have the same rigidity of indentation as the area being studied on the actual part.

Note also that tests have shown that PRESSUREX® film can be particularly stable by temperature. In other words, the behavior of film in respect to the same force of impact is consistent across various temperatures.

That is, a sample of film remaining at 70°C for about 45 minutes and a sample at room temperature both contained impact marks that were substantially identical for the same force of impact. Such stability is also observed over time. So, film that received a calibrated impact and then was exposed to a temperature of 130°C for 1 hour did not change its colored mark, which is consistent with a recent impact.

The parts monitoring method in the invention is reliable and adaptable to complex conditions of use.

Through simple periodic visual monitoring of parts, this method allows one to instantaneously determine at any moment whether a part in question satisfies an integrity test or, by contrast, whether it has undergone impacts that may have caused damage, regardless of the amount of time that may have passed between the impacts and the time of monitoring or whether the temperature of the room varied (even substantially) before or after the aforementioned impacts.

The method in the invention applies to a wide range of structural composite parts and particularly to structural composite reservoirs for space use, such as gas or liquid tanks under high pressure, as used for space launches, spherical, cylindro-spherical, cylindro-elliptical or toric in shape and consisting of an impermeable internal metal or plastic layer upon which pre-engaged resin fibers are wound.

CLAIMS

1. An evaluation method for monitoring the consequences of an impact on a structural composite material part, notably the impact at low speed and little force. The part is covered with a film that changes color when under pressure and whose color intensity is directly related to the force of the received shock, as characterized in that, before the application of the film on the part:
 - the film is calibrated by testing the impact on test parts that are identical to the said part, or on test pieces representative of this, covered in said film, in order to establish a link between the force of the shock and the change in the film,
 - the impacted areas of the test parts or test pieces are evaluated by means of an appropriate qualification method using x-ray, ultrasound, or another method, in order to correlate the aforementioned changes in the film as well as the nature and extent of the possible structural disturbance of subjacent layers of the impacted area,
 - and a scale of correspondences is established, allowing for qualification against a limiting threshold for acceptance of the evaluated part.
2. Method according to Claim 1, characterized in that the film that changes color as an effect of pressure is a film that includes a matrix with drowned microcapsules or similar that are susceptible to breaking up under stress of a determined threshold of force.
3. Method according to Claim 2, characterized in that the said film is commercially named PRESSUREX® and is available in various levels of pressure sensitivity, the appropriate level of pressure being chosen by the limited force of impact that is acceptable for the part when placed under such pressure.

4. Application of the method pursuant to one of the Claims 1 through 3, of gas or liquid tanks under high pressure, used for space launches and consisting of an impermeable internal metal or plastic layer upon which pre-engaged resin fibers are wound.



REC'D 17 DEC 2004

WIPO

PCT

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 16 NOV. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIÈGE
28 Bd. rue de Saint-Petersbourg
75002 PARIS cedex 02
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Téléfax : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INTELLECTUELLE
26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

UR 540 0 M / 210502

5 NOV 2003 DATE 33 INPI BORDEAUX LIEU 0312992 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI ~ 5 NOV. 2003 Vos références pour ce dossier (facultatif) JLTIA-72		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET THEBAULT 111 cours du Médoc 33300 BORDEAUX	
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE <input type="checkbox"/> Cochez l'une des 4 cases suivantes			
Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/>			
Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/>			
Demande divisionnaire <input type="checkbox"/>			
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		N°	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE D'EVALUATION A DES FINS DE CONTROLE DES CONSEQUENCES D'UN IMPACT SUR UNE PIECE EN MATERIAU COMPOSITE STRUCTURALE			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases) Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF Domicile ou siège Nationalité N° de téléphone (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique EADS SPACE TRANSPORTATION SA Société Anonyme 3 9 3 3 1 4 5 1 6 37 boulevard de Montmorency 7 5 7 8 1 PARIS CEDEX 16 FRANCE Française N° de télécopie (facultatif)	
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2^{ème} page

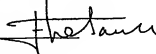

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

REMARQUE : Réservé à l'INPI
DATE : **5 NOV 2003**
LIEU : **33 INPI BORDEAUX**
N° D'ENREGISTREMENT : **0312992**
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 220502

6 MANDATAIRE (s)		Nom : THEBAULT	
Prénom : Jean-Louis		Cabinet ou Société : CABINET THEBAULT	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel : _____			
Adresse	Rue : 111 cours du Médoc		
	Code postal et ville : 33 300 BORDEAUX		
	Pays : FRANCE		
N° de téléphone (facultatif) : 05.56.11.24.50			
N° de télécopie (facultatif) : 05.56.11.24.55			
Adresse électronique (facultatif) : _____			
7 INVENTEUR (S)		Les brevets sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les Inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour les demandes de brevets (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : RG _____	
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», Indiquez le nombre de pages jointes			
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Jean-Louis THEBAULT - CPI 92 1235		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  	

**PROCEDE D'EVALUATION A DES FINS DE CONTROLE DES
CONSEQUENCES D'UN IMPACT SUR UNE PIECE EN MATERIAU COMPOSITE
STRUCTURALE**

La présente invention se rapporte à la détection d'impacts sur des pièces structurales constituées d'un matériau composite.

Les matériaux composites constitués de fibres ou filaments minéraux ou organiques, synthétiques ou naturels liés entre eux par une matrice de polymères organiques, sont des matériaux qui ont d'excellentes propriétés mécaniques statiques et dynamiques (résistance à la fatigue) pour une densité faible.

Les pièces dites structurales qui doivent concilier propriétés mécaniques optimales et faible masse, sont celles qui exploitent le mieux possible l'intérêt de ces matériaux, et doivent être définies au plus juste.

Toutefois, les matériaux composites restent fragiles, ils sont en particulier sensibles aux chocs (ou impacts), qui produisent des délaminages et des pertes d'intégrité des matériaux, du fait de leur complexité résultant de l'empilement de couches de matières différentes et de leur faible allongement à rupture de l'ordre de 1%.

Leur utilisation en milieu industriel demande donc des précautions particulières, ou des sur-dimensionnements qui leur font perdre une partie de leur intérêt.

Le but de l'invention est d'assurer de façon passive un suivi permanent des pièces en matériau composite durant toute leur vie, depuis leur fabrication

jusqu'à leur retrait d'utilisation, de façon à ce qu'on puisse être assuré qu'elles ont en permanence leur intégrité et sont donc en état de remplir leur fonction.

Plus précisément, l'invention s'intéresse à la détection d'impacts résultant de chocs dits « basse énergie ». Cette famille de chocs concerne les
5 petits chocs de la vie courante, tels ceux engendrés par la chute d'un outil : les vitesses sont alors de l'ordre du m/s, et les énergies mises en jeu de l'ordre de la dizaine de Joules.

Lors des chocs « basse énergie », les phénomènes mis en jeu s'interprètent mécaniquement comme une sollicitation mécanique classique :
10 on considère que le matériau subit une force de compression qui se traduit par l'apparition d'un état de contrainte triaxial dans le matériau. Selon le niveau de cet état de contrainte, il y a rupture ou simple déformation, réversible, du matériau.

Il faut par ailleurs noter que les contraintes dues aux chocs se
15 superposent aux contraintes initiales dans le matériau, elles même dépendant de la géométrie de la pièce concernée et de la façon dont elle est sollicitée, si bien qu'un même choc n'induit pas forcément la même détérioration de matériau, de même d'ailleurs qu'à même énergie, des chocs pourront avoir des effets différents selon la forme de l'objet générateur de l'impact.

20 La détection de ce type de choc est communément pratiquée sur les matériaux composites.

Suivant une première approche appliquée sur les pièces en matériau composite en général, notamment les pièces destinées aux avions, on se base, selon une procédure dite BVID (Barely Visible Impact Damage), sur un seuil de
25 profondeur d'empreinte due à un choc détectable fixé à 0,3 mm environ lorsque l'état de surface est uniforme, au delà duquel la pièce est considérée comme défectueuse.

Cette approche présente évidemment l'inconvénient que l'on ne peut pas exploiter toutes les caractéristiques des matériaux composites car un
30 abattement doit être pris pour tenir compte du BVID, conduisant à la fabrication des pièces à un surdimensionnement de sécurité.

La présente invention ne vise pas ce type de pièces, mais plus précisément des pièces structurales en matériau composite présentant le meilleur rapport propriétés mécaniques/masse, c'est-à-dire des pièces dimensionnées au plus juste et dont la marge de sécurité est réduite.

5 C'est le cas par exemple dans le domaine des lanceurs des réservoirs sous pression en matériau composite, utilisés soit pour pressuriser les moteurs, soit pour contenir les ergols, soit comme réserve de gaz ou de liquides, soit comme enveloppe des propulseurs à poudre.

10 Ces réservoirs sont en général constitués d'une « peau interne » plus communément appelée liner, sur laquelle est bobinée une fibre préimpregnée de résine.

Les fibres sont en carbone, verre, Kevlar, la résine est époxyde, polyester, etc.

15 Le liner sert en principe à étancher le réservoir, il peut avoir d'autres fonctions comme celle d'isolant thermique pour une enveloppe de propulseur à poudre.

20 Du fait de leur utilisation spatiale, ces réservoirs sont conçus de façon optimale, quasiment sans marge, la pression d'éclatement étant seulement 1,5 fois la pression de service, si bien que toute détérioration du matériau composite peut avoir des conséquences catastrophiques. On conçoit donc qu'il est très important de pouvoir garantir au moment de leur utilisation que ces réservoirs sont structuralement indemnes, et qu'en particulier ils n'ont pas subi de chocs non détectés.

25 A ce jour, il n'est pas possible d'apporter la garantie que les réservoirs de ce type n'ont pas subi avant leur utilisation d'impact d'énergie trop forte.

En effet, s'il existe bien par ailleurs, suivant une seconde approche de détection, des méthodes de révélation de chocs, notamment des chocs « basse énergie », ces méthodes sont soit inappropriées, soit insuffisantes.

30 En effet, ces méthodes connues de révélation de chocs se divisent en deux catégories, à savoir des méthodes analysant le matériau dans sa masse et des méthodes analysant le matériau en surface.

Les premières sont certes intéressantes mais utilisent des techniques complexes telles que l'émission acoustique ou à base de fibres optiques qui sont encore au stade du laboratoire et nécessitent des moyens de traitement du signal complexes et volumineux peu adaptés à l'accompagnement des pièces durant leur vie.

La seconde catégorie utilise des revêtements qu'il s'agit ensuite d'analyser, notamment par examen visuel.

Le principe de ces méthodes à examen visuel est bien connu. Il est défini par exemple dans les documents GB 2 194 062 et FR 2 663 122.

Suivant ce principe, des microcapsules remplies d'un produit se rompent quand elles sont soumises à un certain niveau de pression. Ces produits sont de préférence fluorescents –comme un ressuage– et l'examen des pièces à la recherche de traces de choc doit se faire avec une lumière Ultra Violette.

Cette recherche des défauts compliquée, complétée du fait qu'il faut que les produits utilisés soient insensibles et stables dans une large fourchette de température et d'hygrométrie avant et après détection, font que ces méthodes n'ont pas été utilisées jusqu'à ce jour.

Un autre point, essentiel, qu'il faut souligner est que ce principe de détection n'aboutit qu'à une détection qualitative des chocs et nullement à une détection quantitative.

En effet, une telle détection donne seulement l'indication qu'une pression d'une certaine valeur a été exercée à la surface du matériau examiné mais aucune indication sur l'ampleur des éventuels désordres structuraux provoqués dans les sous-couches de la zone impactée.

L'invention propose un procédé de détection du type à examen visuel mais qui permette de lier de façon quantitative les chocs et ce qui est observé, c'est-à-dire de corréler l'énergie des chocs et l'endommagement du matériau impacté.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'évaluation à des fins de contrôle des conséquences d'un impact sur une pièce en matériau composite structurale, notamment d'un impact à faible vitesse et à faible énergie, dans lequel on revêt la pièce à surveiller d'un film du type à

changement de couleur sous l'effet d'une pression et dont l'intensité de la couleur obtenue sous un impact est directement reliée à l'énergie du choc reçu, caractérisé en ce qu'avant application du film sur la pièce :

- 5 - on étalonne le film par essais d'impact sur des pièces témoins identiques à ladite pièce, ou des éprouvettes représentatives de cette dernière, revêtues dudit film, afin d'établir une relation entre l'énergie du choc et la modification d'aspect du film,
- 10 - on expertise les zones des pièces témoins ou éprouvettes ainsi impactées par un moyen de qualification approprié du type à rayons X, à ultrasons ou autre, afin de corréler lesdites modifications d'aspect et la nature et l'étendue des éventuels désordres structuraux des couches sous-jacentes de la zone impactée,
- 15 - et on établit une échelle de correspondances permettant de qualifier à volonté un aspect déterminé comme seuil limite d'acceptation de la pièce considérée.

Une pièce structurale en matériau composite ainsi revêtue dudit film peut être suivie de manière permanente, depuis sa fabrication jusqu'à son utilisation ou son retrait d'utilisation, par un simple examen visuel pouvant être effectué à tout moment. Si au cours d'un tel examen, la pièce révèle un impact dont l'aspect correspond sur ladite échelle de correspondances à un niveau égal ou supérieur à celui défini comme seuil limite, la pièce sera mise hors service comme étant affectée d'un endommagement interne la rendant impropre à sa fonction.

25 Le film utilisable conformément à l'invention est une structure du type constituée d'un complexe souple comprenant une matrice dans laquelle sont noyées des micro capsules ou analogues qui se brisent sous l'effet d'une contrainte, libérant ainsi les produits qu'elles renferment et qui ont des propriétés optiques différentes selon qu'elles sont encapsulées ou libérées
30 dans la matrice. Les coques des micro capsules peuvent être sensibles à des contraintes d'intensités différentes. La matrice est en général une résine, le

produit au final étant soit une peinture, soit un film à coller sur la pièce à surveiller.

Une structure particulièrement recommandée pour la mise en œuvre du procédé de l'invention est constituée par le film commercialisé sous la
5 dénomination commerciale PRESSUREX® par la Société Sensor Products, Inc., East Hannover NJ, Etats Unis d'Amérique.

Ce film est constitué d'un sandwich formé de deux films polyester minces entre lesquels sont disposées une couche de micro-capsule et une
couche d'un révélateur de couleur, lesdites micro capsules étant susceptibles
10 de se rompre sous l'effet d'une pression calibrée et de colorer la couche révélatrice sous jacente, l'intensité de la couleur obtenue étant directement reliée au quantum d'énergie de pression exprimée en Joule, qui a été appliquée sur le film.

D'autres types de film révélateur de choc selon le même principe et
15 incorporant des micro-sphères, micro-tubes ou autres, susceptibles de se rompre sous la pression et d'engendrer en conséquence une modification de couleur peuvent bien entendu être également utilisés.

Conformément à l'invention et en se référant aux figures 1 à 3 des dessins annexés, on va tout d'abord étalonner le film par des essais d'impact.
20 A cet effet, on réalise, de préférence et si possible sur des pièces témoins identiques à la pièce à surveiller mais plus généralement sur des éprouvettes calibrées représentatives de la pièce, des essais d'impacts calibrés à différents niveaux d'énergie en sorte d'établir en correspondance à ces divers niveaux d'énergie appliqués une échelle d'aspects visuels observés après chaque essai,
25 à savoir une gradation d'intensité de couleur de l'empreinte puisque l'intensité de couleur est l'image du quantum d'énergie appliquée lors du choc.

La figure 1 illustre une empreinte réalisée sur un film PRESSUREX® du type « high » conçu pour la plage de pression 500-1300 bars, placé sur une éprouvette de 100mm X 150mm de surface et de 2mm d'épaisseur,
30 constituée d'un certain nombre de plis drapés de matériau composite, ladite éprouvette ayant été impactée à l'aide d'un obus à extrémité sphérique, conformément à la norme AITM 1.0010 Edition 2 de Juin 1994.

L'impact, de diamètre 13 mm, de la figure 1 correspond à une énergie de 6, 8 joules.

On va ainsi obtenir toute une gamme d'empreintes d'impact correspondant à une gamme déterminée d'énergie d'impact, ces empreintes se distinguant entre elles par une intensité de couleur dont la gradation s'observe par la densité et l'étendue des éléments colorés de la trame représentée sur la figure 1.

Ensuite, pour chaque éprouvette, on va expertiser la zone impactée, c'est-à-dire l'examiner à l'aide d'un moyen approprié, tel que rayons X ou ultrasons, afin d'identifier d'éventuels désordres dans les plis sous-jacents à l'empreinte, révélés par une modification de la distribution des contraintes dans la masse de l'éprouvette et dont il résulterait des infléchissements de certains plis, voire des cisaillements inter laminaires créant des délaminages de couches rendant le matériau composite impropre à sa destination.

La figure 1 représente une empreinte d'un impact de 6, 8 joules qui s'est avéré générer des désordres d'une ampleur considérée comme inadmissible. Par suite, le type d'empreinte de la figure sera considérée comme le seuil déclenchant le retrait ou la mise hors service de toute pièce munie d'un film identique à celui de la figure 1 et qui, à l'inspection visuelle, porterait une empreinte d'impact de même intensité de couleur que celle de ladite figure 1.

Si la pièce inspectée présente une empreinte du type de la figure 2, à savoir une trame colorée moins dense que celle de la figure 1, ce sera le signe d'un impact reçu d'énergie (1 joule) inférieure à celle de l'impact de la figure 1, ne rendant pas la pièce impropre à sa destination. Si, au contraire, le contrôle visuel fait apparaître une empreinte du type de la figure 3, à densité colorée plus intense que celle de la figure 1 (correspondant à un impact d'une énergie de 12 joules), la pièce a fortiori sera à rebuter ou remplacer.

Les films PRESSUREX® sont disponibles commercialement sous forme d'une gamme de produits de diverses « sensibilités » à la pression, par exemple film « Low » utilisable dans la plage 25-100 bars, « Medium »

utilisable dans la plage 100-500 bars et « High » utilisable dans la plage 500-1300 bars.

On choisira le type de film approprié à la nature de la pièce à contrôler, c'est-à-dire en sorte que l'énergie d'impact limite que puisse supporter la pièce
5 sans endommagement rédhibitoire se situe à l'intérieur de la plage de « sensibilité » à la pression dudit film.

Des essais d'étalonnage effectués sur des pièces en vraie grandeur ou sur des morceaux de ces pièces s'avérant généralement coûteux, on recourra de préférence à des essais d'étalonnage sur des éprouvettes de dimensions
10 réduites représentatives de la pièce à surveiller, par exemple par une modélisation en vue d'obtenir des éprouvettes de même rigidité de poinçonnement que la zone à étudier de la pièce réelle.

Il est à noter par ailleurs que des essais ont montré que le film PRESSUREX® est particulièrement stable à la température en ce sens que la
15 réponse du film à la même énergie d'impact reste inchangée sous différentes températures.

C'est ainsi qu'un échantillon de film ayant séjourné environ 45 minutes à 70°C et un échantillon conservé à température ambiante ont donné, en réponse à une même énergie d'impact, une empreinte dont les trames colorées
20 étaient substantiellement identiques. Enfin, une telle stabilité s'observe également dans le temps. C'est ainsi qu'un film ayant reçu préalablement un impact calibré a été exposé à une température de 130°C pendant 1 heure sans qu'une altération de la trame colorée consécutive à l'impact ne soit constatée.

25 Le procédé de contrôle de pièces selon l'invention est fiable et adapté à des conditions d'emploi complexes.

Il permet par un simple contrôle visuel périodique ou non des pièces à surveiller de s'assurer à tout moment si la pièce en question est dans un état d'intégrité ou au contraire a subi un ou des impacts dont le caractère
30 dommageable ou non est instantanément apprécié, quel que soit le temps écoulé entre le ou les impacts et l'instant de contrôle et que la température

ambiante avant ou après lesdits impacts ait varié ou non, même substantiellement.

- Le procédé de l'invention s'applique à une grande diversité de pièces structurales composites et en particulier aux réservoirs structuraux composites
- 5 pour application spatiale tels que les réservoirs de gaz ou liquide à haute pression utilisés dans les lanceurs spatiaux, de forme sphérique, cylindro-sphérique, cylindro-elliptiques ou toriques, constitués d'une enveloppe interne étanche métallique ou en matière plastique sur laquelle sont bobinées des fibres pré-imprégnées de résine.

REVENDEICATIONS

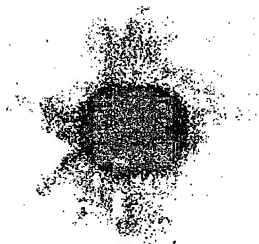
1. Procédé d'évaluation à des fins de contrôle des conséquences d'un impact sur une pièce en matériau composite structurale, notamment d'un impact à faible vitesse et à faible énergie, dans lequel on revêt la pièce à surveiller d'un film du type à changement de couleur sous l'effet d'une
5 pression et dont l'intensité de la couleur obtenue sous un impact est directement reliée à l'énergie du choc reçu, caractérisé en ce qu'avant application du film sur la pièce :

- on étalonne le film par essais d'impact sur des pièces témoins identiques à ladite pièce, ou des éprouvettes représentatives de
10 cette dernière, revêtues dudit film, afin d'établir une relation entre l'énergie du choc et la modification d'aspect du film,
- on expertise les zones des pièces témoins ou éprouvettes ainsi impactées par un moyen de qualification approprié du type à rayons X, à ultrasons ou autre, afin de corréler lesdites
15 modifications d'aspect et la nature et l'étendue des éventuels désordres structuraux des couches sous-jacentes de la zone impactée,
- et on établit une échelle de correspondances permettant de qualifier à volonté un aspect déterminé comme seuil limite
20 d'acceptation de la pièce considérée.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le film à changement de couleur sous l'effet d'une pression est un film comprenant une matrice dans laquelle sont noyées des micro-capsules ou analogues susceptibles de se briser sous l'effet d'un seuil de contrainte déterminé.

25 3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que ledit film est le film dénommé commercialement PRESSUREX®, disponible sous diverses plages de sensibilité à la pression, la plage de pression appropriée étant choisie en sorte que l'énergie d'impact limite acceptable pour la pièce à surveiller se situe à l'intérieur de ladite plage de pression.

4. Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, à des réservoirs de gaz ou liquide à haute pression pour lanceurs spatiaux, constitués d'une enveloppe interne étanche métallique ou en matière plastique sur laquelle sont bobinées des fibres pré-imprégnées de résine.



12 Joules

FIGURE 3



6,8 Joules

FIGURE 1



1 Joule

FIGURE 2



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 011 / 27060

Vos références pour ce dossier (facultatif)		JLT/A-72
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
PROCÉDE D'ÉVALUATION A DES FINS DE CONTRÔLE DES CONSÉQUENCES D'UN IMPACT SUR UNE PIÈCE EN MATÉRIAU COMPOSITE STRUCTURALE		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
EADS SPACE TRANSPORTATION SA 37 boulevard de Montmorency 75781 PARIS CEDEX 16		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
Nom		BRASSIER
Prénoms		Pascale
Adresse	Rue	9 rue des Cerisiers
	Code postal et ville	[3,3,1,1,2,7] MARTIGNAS SUR JALLES
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		PERES
Prénoms		Patrick
Adresse	Rue	6 allée Van Gogh
	Code postal et ville	[3,3,1,1,6,0] SAINT AUBIN DE MEDOC
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
Jean-Louis THEBAULT - CPI 92 1235		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.